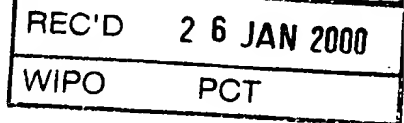


BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

Bescheinigung

DE 99/3627
e/v

Die Daimler-Benz Aktiengesellschaft in Stuttgart/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Vorrichtung und Verfahren zur Verkehrszeichenerkennung"

am 14. November 1998 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die Anmeldung ist auf die DaimlerChrysler AG in Stuttgart/Deutschland umgeschrieben worden.

Das angeheftete Stück ist eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlage dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig die Symbole G 06 K und B 60 K der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 14. Dezember 1999
Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Agurke

Aktenzeichen: 198 52 631.8



Daimler-Benz Aktiengesellschaft

Dr. Sr
110 184

D-70546 Stuttgart

Beschreibung

Vorrichtung und Verfahren zur Verkehrszeichenerkennung.

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Verkehrszeichenerkennung gemäß der Oberbegriffe der Patentansprüche 1 und 10. Eine solche Vorrichtung und ein solches Verfahren sind bereits aus [1] bekannt.

5

Der Verkehr auf Straßen, Schienenwegen, Wasserstraßen und Rollfeldern wird durch Verkehrszeichen geregelt. Die durch ein Verkehrszeichen referenzierte Verkehrsregel hat häufig einen räumlichen Gültigkeitsbereich, der sich über Abschnitte des Fahrweges erstreckt, von denen aus der Fahrzeugführer das Verkehrszeichen nicht einsehen kann.

10

Solche Abschnitte werden zum Beispiel durch ein Verkehrszeichen, das den Beginn der Regelanwendung kennzeichnet, und durch ein weiteres Verkehrszeichen, das die Aufhebung der Regelanwendung kennzeichnet, markiert. Für den Fahrzeugführer ist demnach eine Erinnerungshilfe sehr vorteilhaft, die ihm auch Informationen über den Aussagegehalt von Verkehrszeichen liefert (zu welcher Regelbefolgung wird aufgefordert), an

15

denen er bereits vor längerer Zeit vorbeigefahren ist.

...

Im bisherigem Stand der Technik werden Vorrichtungen und Verfahren vorgeschlagen, die das Ziel verfolgen, den Aussagegehalt eines Verkehrszeichens vollständig zu extrahieren. Beispielsweise wurde eine Vorrichtung als Erinnerungshilfe für den Fahrzeugführer vorgeschlagen [1], die Geschwindigkeitsbeschränkungen durch Verkehrszeichen erfaßt und für die Dauer ihrer Gültigkeit im Fahrzeuginnenraum anzeigt. Diese Vorrichtung beinhaltet einen Bildsensor, eine Informationsverarbeitungseinheit, eine Speichereinheit und eine Anzeigeeinheit. Mittels des Bildsensors werden Bilder von der dem Fahrzeug vorausliegenden Fahrbahn aufgenommen. Mittels der Informationsverarbeitungseinheit werden in diesen Bildern in Echtzeit Verkehrszeichen gesucht und bei Erkennung eines Verkehrszeichens wird dessen Aussagegehalt, hier die Geschwindigkeitsbeschränkung, extrahiert. Der extrahierte Wert der zulässigen Höchstgeschwindigkeit wird in der Speichereinheit gespeichert und für die Dauer der Gültigkeit, d.h. bis zur Erkennung eines aufhebenden Verkehrszeichens, mittels der Anzeigeeinheit angezeigt.

Der Nachteil dieser Vorrichtung besteht in der hohen Rückweisungsquote nicht erkannter Verkehrszeichen und in ihren hohen Kosten. Die tatsächliche Erkennung eines bestimmten Verkehrszeichens, d.h. die Extraktion seines vollständigen Aussagegehaltes, mit ausreichend hoher Wahrscheinlichkeit erfordert (möglichst farbige [2]) Bilder mit einer möglichst hohen Auflösung. Die Auswertung solcher Bilder in Echtzeit erfordert eine sehr hohe Rechenleistung. Derart leistungsstarke Bildsensoren und Informationsverarbeitungseinheiten sind teuer. Und selbst mit ihnen liegt die Rückweisungsquote gängiger Verkehrszeichenerkennungssysteme in der Größenordnung von einigen Prozenten. Solche Rückweisungsquoten können aus Gewährleistungsgründen nicht toleriert werden.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht daher einerseits darin, eine einfachere und damit kostengünstigere Vorrichtung zur Verkehrszeichenerkennung als Erinnerungshilfe für den Fahrzeugführer anzugeben, die eine deutlich geringere Rückweisungsquote aufweist, sowie andererseits darin, ein Verfahren zum Betrieb einer solchen Vorrichtung, anzugeben.

Die Erfindung ist in Bezug auf die zu schaffende Vorrichtung durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 wiedergegeben. In weiteren Ansprüchen (Patentansprüche 2 bis 9) sind vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung enthalten.

5

Die Erfindung ist in Bezug auf das zu schaffende Verfahren durch die Merkmale des Patentanspruchs 10 wiedergegeben. In weiteren Ansprüchen (Patentansprüche 10 bis 16) sind vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens enthalten.

10

In weiteren Ansprüchen sind vorteilhafte Verwendungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung (Patentansprüche 17 und 19) und des erfindungsgemäßen Verfahrens (Patentansprüche 18 und 20) angegeben.

15

Die Aufgabe wird bezüglich der zu schaffenden Vorrichtung erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Vorrichtung zur Verkehrszeichenerkennung enthält,

- a) einen digitalen Bildsensor
zur Aufnahme von Bildern, die potentiell Verkehrszeichen enthalten,

20

- b) eine Informationsverarbeitungseinheit
zur Analyse der von dem Bildsensor gelieferten Bilder in Echtzeit,

- c) eine Speichereinheit,

25

- d) eine Anzeigeeinheit,

bei der

30

- e) die Informationsverarbeitungseinheit ermittelt,
ob ein Bild ein oder mehrere Objekte enthält,
welche mit hinreichender Wahrscheinlichkeit Verkehrszeichen sind,

wobei

...

- f) die Speichereinheit einen vorgegebenen Klassifikator enthält,
- der schwankungstolerant generiert wird
 - aus einer repräsentativen Stichprobe von klassenspezifischen Merkmalsdaten,
- 5
- die jeweils allen Elementen einer bestimmten Klasse von Verkehrszeichen gemeinsam sind,
 - die zur eindeutigen Identifizierung dieser Klasse ausreichen,
- g) die Speichereinheit vereinfachte Repräsentationen dieser
- 10
- klassenspezifischen Merkmalsdaten enthält,
- h) die Informationsverarbeitungseinheit aus den Bilddaten
- von einem als Verkehrszeichen erkannten Objekt
- reale Merkmalsdaten extrahiert,
- 15
- i) die Informationsverarbeitungseinheit
- die extrahierten realen Merkmalsdaten
- mittels des Klassifikators klassifiziert,
- 20
- j) die Informationsverarbeitungseinheit
- anhand dieser Klassifikation eine Zuordnung
- des als Verkehrszeichen erkannten Objektes
- zu einer Klasse von Verkehrszeichen durchführt,
- 25
- k) die Informationsverarbeitungseinheit die Bilddaten
- von dem als Verkehrszeichen erkannten Objekt
- in einer für die zugeordnete Klasse spezifischen Aufteilung separiert
- in einen oder mehrere Bildbereiche,
- die klassenspezifische Merkmalsdaten enthalten, und
- 30
- in einen oder mehrere Bildbereiche,
- die zeichenspezifische Merkmalsdaten enthalten,

- l) die Informationsverarbeitungseinheit die Bilddaten von dem als Verkehrszeichen erkannten Objekt auf eine vereinfachte Darstellung reduziert, indem sie
- die Bildbereiche löscht,
 - 5 die klassenspezifische Merkmalsdaten enthalten,
 - und die gelöschten Bildbereiche ersetzt durch die vereinfachte Repräsentation der klassenspezifischen Merkmalsdaten der dem Verkehrszeichen zugeordneten Klasse,
- 10
- m) die Speichereinheit die vereinfachte Darstellung des als Verkehrszeichen erkannten Objektes speichert,
- n) die Anzeigeeinheit die vereinfachte Darstellung
- 15 des als Verkehrszeichen erkannten Objektes anzeigt.

Ein wesentlicher Vorteil einer solchen Vorrichtung zur Verkehrszeichenerkennung besteht darin, daß mit ihr nicht mehr das komplizierte Problem der Erkennung eines

20 speziellen Verkehrszeichens rechenleistungsintensiv gelöst werden muß, sondern nur noch das einfachere Problem der Erkennung einer von wenigen Klassen von Verkehrszeichen. Dies zu lösen ist wesentlich kostengünstiger möglich, da geringere Anforderungen an die Bildqualität und an die Rechenkapazität gestellt werden müssen.

25 Hervorzuheben ist auch, daß die Speichereinheit vorgegebene, klassenspezifische Merkmalsdaten enthält, die schwankungstolerant sind, da die Qualität der von dem Bildsensor gelieferten Bilder stark von Umweltfaktoren wie Wetter und Lichtverhältnissen abhängig ist. Geeignete Schwankungstoleranzen sind für die Erkennung einer Klasse von Verkehrszeichen aber wesentlich sicherer und besser zu definieren als

30 für die Erkennung eines einzelnen speziellen Verkehrszeichens.

Beispiele für derartige Klassen von Verkehrszeichen sind beispielsweise im Straßenverkehr die Verbotszeichen oder spezieller die Geschwindigkeitsbegrenzungszeichen. Die klassenspezifischen Merkmalsdaten der Klasse der Verbotszeichen sind die runde Form des Verkehrszeichens und ein innenliegendes Symbol bzw. bei einem Geschwindigkeitsbegrenzungszeichen eine innenliegende Zahl, welche von einem breiten (roten) Kreis umschlossen ist. Eine andere wichtige Klasse bilden beispielsweise die Warnzeichen. Die klassenspezifischen Merkmalsdaten der Klasse der Warnzeichen sind die dreieckige Form des Verkehrszeichens und ein innenliegendes Gefahrensymbol, welches von einem breiten (roten) Dreieck umschlossen ist.

10

Mittels der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird nun mit vergleichsweise geringer Rechenleistung und geringem apparativen Aufwand (beispielsweise einer Monochromkamera anstatt einer hochauflösenden Farbkamera) in Echtzeit erkannt, ob es sich bei einem Objekt bestimmter Form innerhalb des aufgenommenen Bildes um ein Verkehrszeichen einer bestimmten Klasse handelt oder nicht. Wurde eine Klasse erkannt, so reduziert die Informationsverarbeitungseinheit die Bilddaten von dem als Verkehrszeichen erkannten Objekt auf eine vereinfachte Darstellung, indem sie die Bildbereiche, die klassenspezifische Merkmalsdaten enthalten, löscht und mit der vereinfachten Repräsentation der dem Verkehrszeichen zugeordneten Klasse ersetzt. Die zeichenspezifischen Merkmalsdaten, beispielsweise das digitalisierte Abbild des Zahlenwertes einer angegebenen Höchstgeschwindigkeit, wird beibehalten. Mittels der Anzeigeeinheit wird dem Fahrzeugführer die vereinfachte Darstellung des als Verkehrszeichen, hier Verbotszeichen, erkannten Objektes angezeigt. Die zeichenspezifische Identifizierung des Verbotszeichens bleibt dann dem Fahrzeugführer überlassen, der den tatsächlichen Aussagegehalt des Verbotszeichens meist wesentlich schneller und sicherer extrahieren kann als jede Vorrichtung.

25

Damit steht eine einfache und kostengünstige Vorrichtung zur Verkehrszeichen-erkennung mit geringer Rückweisungsquote als Erinnerungshilfe für den Fahrzeugführer zur Verfügung.

30

In einer vorteilhaften Ausführungsform enthält die Vorrichtung zur Verkehrszeichen-
erkennung,

5 a) einen digitalen Bildsensor
zur Aufnahme von Bildern, die potentiell Verkehrszeichen enthalten,

b) eine Informationsverarbeitungseinheit
zur Analyse der von dem Bildsensor gelieferten Bilder in Echtzeit,

10 c) eine Speichereinheit,

d) eine Anzeigeeinheit,

bei der

15

e) die Informationsverarbeitungseinheit ermittelt,
ob ein Bild ein oder mehrere Objekte enthält,
welche mit hinreichender Wahrscheinlichkeit Verkehrszeichen sind,

20 wobei

f) die Speichereinheit einen Klassifikator enthält,
der vorgegebene, klassenspezifische Merkmalsdaten
mit zu extrahierenden realen Merkmalsdaten vergleicht,
unter Berücksichtigung eines oder mehrerer Toleranzwerte,

25

g') die Speichereinheit vereinfachte Repräsentationen dieser
klassenspezifischen Merkmalsdaten enthält,

30 h') die Informationsverarbeitungseinheit aus den Bilddaten
von einem als Verkehrszeichen erkannten Objekt
reale Merkmalsdaten extrahiert,

...

- 5
- i') die Informationsverarbeitungseinheit
die extrahierten realen Merkmalsdaten
mit den in der Speichereinheit vorgegebenen,
klassenspezifischen Merkmalsdaten vergleicht,
- 10
- j') die Informationsverarbeitungseinheit
anhand dieses Vergleichs eine Zuordnung
des als Verkehrszeichen erkannten Objektes
zu einer Klasse von Verkehrszeichen durchführt,
- 15
- k') die Informationsverarbeitungseinheit die Bilddaten
von dem als Verkehrszeichen erkannten Objekt
in einer für die zugeordnete Klasse spezifischen Aufteilung separiert
- in einen oder mehrere Bildbereiche,
die klassenspezifische Merkmalsdaten enthalten, und
 - in einen oder mehrere Bildbereiche,
die zeichenspezifische Merkmalsdaten enthalten,
- 20
- l') die Informationsverarbeitungseinheit die Bilddaten
von dem als Verkehrszeichen erkannten Objekt
auf eine vereinfachte Darstellung reduziert, indem sie
- die Bildbereiche löscht,
die klassenspezifische Merkmalsdaten enthalten,
 - und die gelöschten Bildbereiche ersetzt
durch die vereinfachte Repräsentation
der klassenspezifischen Merkmalsdaten
der dem Verkehrszeichen zugeordneten Klasse,
- 25
- 30
- m') die Speichereinheit die vereinfachte Darstellung
des als Verkehrszeichen erkannten Objektes speichert,
- n') die Anzeigeeinheit die vereinfachte Darstellung
des als Verkehrszeichen erkannten Objektes anzeigt.

Ein derartiger vergleichender Klassifikator stellt die einfachste Ausführungsform eines geeigneten Klassifikators dar.

5 In einer vorteilhaften Ausführungsform dieser Vorrichtung ist in der Speichereinheit ein Programm gespeichert zur Anwendung einer Entscheidungslogik mittels derer die Informationsverarbeitungseinheit die Anzeigeeinheit derart steuert, daß sie die vereinfachte Darstellung eines als Verkehrszeichen erkannten Objektes solange anzeigt, bis ein neues Objekt als Verkehrszeichen erkannt wird, vorzugsweise als Verkehrszeichen der gleichen oder einer korrespondierenden Klasse erkannt wird, und dessen vereinfachte
10 Darstellung die vorherige ersetzt.

Der Vorteil dieser Ausgestaltung liegt darin, daß die Bildfläche der Anzeigeeinheit dadurch sehr klein gestaltet werden kann, nämlich der Fläche der Darstellung eines einzelnen Verkehrszeichen entsprechend. Dies ist aus Gründen der Übersichtlichkeit
15 und der generellen Begrenzung des in einem Fahrzeug-Cockpit zur Verfügung stehenden Raums vorteilhaft.

Besonders vorteilhaft ist die vorzugsweise Ausgestaltung der Entscheidungslogik hinsichtlich eines Verkehrszeichens der gleichen oder einer korrespondierenden Klasse
20 (Beispiel: die mit der Klasse der Geschwindigkeitsbeschränkungen korrespondierende Klasse ist die Klasse der Aufhebungen der Geschwindigkeitsbeschränkungen). Hierdurch wird zwar mehr Platz auf der Anzeigeeinheit benötigt, aber dem Fahrer können so auch mehrere gleichzeitig gültige Verkehrszeichen angezeigt werden. Dabei wird jedoch ausgeschlossen, daß sich die Verkehrszeichen gegenseitig aufheben und so unnötig
25 Platz auf der Anzeigeeinheit beanspruchen.

In einer weiteren vorteilhaften Ausbildung dieser Vorrichtung besitzt die Anzeigeeinheit zusätzlich eine Einstelleinheit, mittels welcher die maximale Anzeigedauer der vereinfachten Darstellung eines als Verkehrszeichen erkannten Objektes eingestellt wird.
30 Dadurch kann der Fahrzeugführer die Anzeigedauer seinen persönlichen Bedürfnissen und Vorlieben gemäß anpassen. Außerdem wird die Teilung seiner Aufmerksamkeit zwischen dieser Anzeigeeinheit und anderen wichtigen Anzeigen im Fahrzeug-Cockpit sowie dem äußeren Verkehrsgeschehen auf die Anzeigedauer begrenzt.

...

In einer weiteren vorteilhaften Ausbildung dieser Vorrichtung ist

in der Speichereinheit ein Programm gespeichert,
zur Ermittlung der zurückgelegten Wegstrecke
zwischen der aktuellen Fahrzeugposition
5 und der Position des zuletzt erkannten Verkehrszeichens
einer bestimmten Verkehrszeichenklasse,
mittels dem die Informationsverarbeitungseinheit
die zurückgelegten Wegstrecke ermittelt,

- aus den Daten des Tachometers des Fahrzeuges,
10 welche vorzugsweise über einen Fahrzeugdatenbus
von dem Tachometer zu der Informationsverarbeitungseinheit
übermittelt werden,
- und den Daten eines Zeitgebers,
vorzugsweise eines internen Zeitgebers
15 der Informationsverarbeitungseinheit,

sowie in der Speichereinheit ein Programm gespeichert ist
zur Anwendung einer Entscheidungslogik
mittels derer die Informationsverarbeitungseinheit
die Anzeigeeinheit derart steuert, daß sie

- 20 - die vereinfachte Darstellung eines als Verkehrszeichen erkannten Objektes
solange anzeigt,
bis eine in der Speichereinheit vorgegebene Wegstrecke zurückgelegt ist,
welche vorzugsweise klassenspezifisch ist, oder
bis ein neues Objekt als Verkehrszeichen erkannt wird,
25 vorzugsweise als Verkehrszeichen der gleichen oder
einer korrespondierenden Klasse erkannt wird,
und dessen vereinfachte Darstellung die vorherige ersetzt.

In der Bundesrepublik Deutschland muß beispielsweise ein Geschwindigkeitsbegren-
30 zungszeichen nach spätestens 3 km zurückgelegter Wegstrecke erneuert werden [3],
ansonsten gilt die angezeigte Geschwindigkeitsbegrenzung als aufgehoben. Der Vorteil
dieser Ausgestaltung besteht demnach darin, daß ein Verkehrszeichen nur noch so lange
angezeigt wird wie notwendig, eben bis es aufgrund der zurückgelegten Wegstrecke
oder durch ein anderes Verkehrszeichen aufgehoben wird.

...

Ein weiteres vorteilhaftes Ausgestaltungsmerkmal der genannten Vorrichtung besteht darin, daß die Anzeigeeinheit zusätzlich einen akustischen Signalgeber enthält, welcher, sobald ein Objekt als Verkehrszeichen erkannt wurde, ein vorzugsweise klassenspezifisches, akustisches Signal ausgibt. Der Vorteil dieser Ausgestaltung besteht in der erhöhten Wahrnehmungssicherheit des Verkehrszeichens durch den Fahrzeugführer.

Ein weiteres vorteilhaftes Ausgestaltungsmerkmal der genannten Vorrichtung besteht darin, daß der digitale Bildsensor eine oder mehrere, vorzugsweise monochrome, Digitalkameras enthält, die derart angeordnet sind, daß ihr gemeinsames Blickfeld ausreicht, um alle für den Fahrweg eines Fahrzeuges relevanten Verkehrszeichen unabhängig von der horizontalen und/oder vertikalen Krümmung des Fahrweges zu erfassen. Eine derartige Anordnung der Kameras gewährleistet die sichere Aufnahme aller Verkehrszeichen entlang der Fahrtstrecke. Monochrome Kameras sind für die Funktionstüchtigkeit der Vorrichtung ausreichend, bei gleicher Auflösung aber deutlich kostengünstiger als eine Farbkamera oder besitzen bei gleichem Preis eine deutlich höhere Auflösung.

Ein weiteres vorteilhaftes Ausgestaltungsmerkmal der genannten Vorrichtung besteht darin, daß sie zusätzlich eine Positionsbestimmungseinheit enthält, und die Speichereinheit zusätzlich zu der vereinfachten Darstellung eines als Verkehrszeichen erkannten Objektes jeweils auch dessen Position speichert. Eine geeignete Einheit zur Positionsbestimmung ist beispielsweise das sogenannte Global Positioning System GPS oder auch ein System, daß seine Position innerhalb einer digitalen Straßenkarte anhand der Bewegung des Fahrzeuges bestimmt. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Verwendung von Transpondern, die an den Verkehrszeichen angebracht werden und deren Position an die erfindungsgemäße Vorrichtung übermitteln. Mit einem derartigen Ausgestaltungsmerkmal eignet sich die Vorrichtung besonders als System zur Inspektion von Verkehrswegenetzen. Ermittelt und überprüft werden können beispielsweise das Vorhandensein, die Größe, der Zustand, die Sichtbarkeit vom Fahrweg, die Reflexionseigenschaften, die Verschmutzung und andere für die Signalwirkung des Verkehrszeichens wichtigen Eigenschaften.

...

Die Aufgabe wird bezüglich des zu schaffenden Verfahrens zur Verkehrszeichen-
erkennung erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß

- 5 a) mittels eines digitalen Bildsensors Bilder aufgenommen werden,
die potentiell Verkehrszeichen enthalten,
- 10 b) mittels einer Informationsverarbeitungseinheit die von dem Bildsensor
gelieferten Bilder in Echtzeit derart analysiert werden, daß
- 10 c) die Informationsverarbeitungseinheit ermittelt,
ob ein Bild ein oder mehrere Objekte enthält,
welche mit hinreichender Wahrscheinlichkeit Verkehrszeichen sind,
- wobei
- 15 d) mittels der Informationsverarbeitungseinheit aus den Bilddaten
von einem als Verkehrszeichen erkannten Objekt
reale Merkmalsdaten extrahiert werden,
- 20 e) mittels der Informationsverarbeitungseinheit
die extrahierten realen Merkmalsdaten klassifiziert werden
durch einen in einer Speichereinheit vorgegebenen Klassifikator
- der schwankungstolerant generiert wird
 - aus einer repräsentativen Stichprobe von
klassenspezifischen Merkmalsdaten,
 - die jeweils allen Elementen einer bestimmten Klasse von
Verkehrszeichen gemeinsam sind,
 - die zur eindeutigen Identifizierung dieser Klasse ausreichen,
- 25
- 30 f) mittels der Informationsverarbeitungseinheit
anhand dieser Klassifikation eine Zuordnung
des als Verkehrszeichen erkannten Objektes
zu einer Klasse von Verkehrszeichen durchgeführt wird,

g) mittels der Informationsverarbeitungseinheit die Bilddaten von dem als Verkehrszeichen erkannten Objekt in einer für die zugeordnete Klasse spezifischen Aufteilung separiert werden

- 5
- in einen oder mehrere Bildbereiche, die klassenspezifische Merkmalsdaten enthalten, und
 - in einen oder mehrere Bildbereiche, die zeichenspezifische Merkmalsdaten enthalten,

10 h) mittels der Informationsverarbeitungseinheit die Bilddaten von dem als Verkehrszeichen erkannten Objekt auf eine vereinfachte Darstellung reduziert werden, indem sie

- 15
- die Bildbereiche löscht, die klassenspezifische Merkmalsdaten enthalten,
 - und die gelöschten Bildbereiche ersetzt durch eine vereinfachte Repräsentation der klassenspezifischen Merkmalsdaten der dem Verkehrszeichen zugeordneten Klasse,
 - wobei die vereinfachten Repräsentationen der verschiedenen möglichen Klassen in der Speichereinheit vorgegeben sind,
- 20

i) in der Speichereinheit die vereinfachte Darstellung des als Verkehrszeichen erkannten Objektes gespeichert wird,

25

j) auf einer Anzeigeeinheit die vereinfachte Darstellung des als Verkehrszeichen erkannten Objektes angezeigt wird.

30

Ein wesentlicher Vorteil eines solchen Verfahrens zur Verkehrszeichenerkennung besteht, genau wie bei der bereits weiter vorne beschriebenen Vorrichtung, darin, daß nicht mehr das komplizierte Problem der Erkennung eines speziellen Verkehrszeichens rechenleistungsintensiv gelöst werden muß, sondern nur noch das einfachere Problem der Erkennung einer von wenigen Klassen von Verkehrszeichen. Dies zu lösen ist

...

wesentlich kostengünstiger möglich, da geringere Anforderungen an die Bildqualität und an die Rechenkapazität gestellt werden müssen. Außerdem existieren mehrere geeignete Verfahren, die mit hinreichender Sicherheit und Schnelligkeit eine solche Klassenerkennung durchführen können, beispielsweise mittels der weit verbreiteten Korrelationsverfahren.

Die vereinfachte Darstellung des Verkehrszeichens, bestehend aus der Kombination einer vereinfachten Repräsentation der Merkmalsdaten der erkannten Verkehrszeichenklasse und den Bildbereichen des realen digitalen Bildes, welche die zeichenspezifischen Merkmalsdaten des einzelnen Verkehrszeichens enthalten, kann in den meisten Fällen sehr leicht von dem Fahrzeugführer als ein spezielles Verkehrszeichen erkannt werden. In den wenigen Fällen, in denen ihm dies nicht gelingt, erhält er zumindest den Hinweis, daß ein Verbot besteht oder eine Warnung angezeigt wurde und auch dadurch wird seine Aufmerksamkeit und damit die Verkehrssicherheit erhöht.

Eine vorteilhafte Ausführungsform des Verfahrens zur Verkehrszeichenerkennung ist dadurch gekennzeichnet, daß

- d') mittels der Informationsverarbeitungseinheit aus den Bilddaten von einem als Verkehrszeichen erkannten Objekt reale Merkmalsdaten extrahiert werden,
- e') mittels der Informationsverarbeitungseinheit die extrahierten realen Merkmalsdaten klassifiziert werden, indem sie die extrahierten realen Merkmalsdaten vergleicht mit in einer Speichereinheit vorgegebenen, klassenspezifischen Merkmalsdaten
 - die jeweils allen Elementen einer bestimmten Klasse von Verkehrszeichen gemeinsam sind,
 - die zur eindeutigen Identifizierung dieser Klasse ausreichen, unter Berücksichtigung eines oder mehrerer Toleranzwerte,

- f) mittels der Informationsverarbeitungseinheit anhand dieses Vergleichs eine Zuordnung des als Verkehrszeichen erkannten Objektes zu einer Klasse von Verkehrszeichen durchgeführt wird,
- 5
- g') mittels der Informationsverarbeitungseinheit die Bilddaten von dem als Verkehrszeichen erkannten Objekt in einer für die zugeordnete Klasse spezifischen Aufteilung separiert werden
- in einen oder mehrere Bildbereiche, die klassenspezifische Merkmalsdaten enthalten, und
 - in einen oder mehrere Bildbereiche, die zeichenspezifische Merkmalsdaten enthalten,
- 10
- h') mittels der Informationsverarbeitungseinheit die Bilddaten von dem als Verkehrszeichen erkannten Objekt auf eine vereinfachte Darstellung reduziert werden, indem sie
- die Bildbereiche löscht, die klassenspezifische Merkmalsdaten enthalten,
 - und die gelöschten Bildbereiche ersetzt durch eine vereinfachte Repräsentation der klassenspezifischen Merkmalsdaten der dem Verkehrszeichen zugeordneten Klasse,
 - wobei die vereinfachten Repräsentationen der verschiedenen möglichen Klassen in der Speichereinheit vorgegeben sind,
- 15
- 20
- 25
- i') in der Speichereinheit die vereinfachte Darstellung des als Verkehrszeichen erkannten Objektes gespeichert wird,
- 30
- j') auf einer Anzeigeeinheit die vereinfachte Darstellung des als Verkehrszeichen erkannten Objektes angezeigt wird.

Eine derartige vergleichende Klassifikation stellt die einfachste Ausführungsform eines geeigneten Verfahrensschrittes zur Klassifikation der Verkehrszeichen innerhalb des Gesamtverfahrens zur Verkehrszeichenerkennung dar.

- 5 Ein vorteilhaftes Ausgestaltungsmerkmal des genannten Verfahrens besteht darin, daß
- der Verfahrensabschnitt,
in dem die Informationsverarbeitungseinheit ermittelt,
ob ein Bild ein oder mehrere Objekte enthält,
welche mit hinreichender Wahrscheinlichkeit Verkehrszeichen sind,
10 derart gestaltet ist, daß
 - in einem ersten Verfahrensschritt Bildbereiche ermittelt werden,
vorzugsweise anhand von Farbwerten und/oder räumlichen Positionen,
welche mit überdurchschnittlicher Wahrscheinlichkeit Verkehrszeichen
enthalten,
 - 15 - in einem zweiten Verfahrensschritt in diesen Bildbereichen mittels
geometrischer Analyse, vorzugsweise mittels Korrelationsverfahren,
Objekte ermittelt werden,
welche eine vorgegebene, vorzugsweise runde oder dreieckige, Form besitzen.
- 20 Ein Vorteil einer derartigen Ausgestaltung besteht darin, daß so die Bildanalyse auf die
wesentlichen und informationshaltigen Bildbereiche beschränkt wird und somit die
Analyse beschleunigt wird. Sind die Bilder farbig, so kann der erste Verfahrensschritt
auf die Suche nach einer oder wenigen Schlüsselfarben, beispielsweise Rot bei
Gefahrenzeichen, beschränkt werden. Aber selbst wenn keine Farbinformation verfü-
25 bar ist, kann die Suche auf bestimmte Bildbereiche (räumliche Positionen) einge-
schränkt werden. Beispielsweise können durch einfache und schnelle Segmentations-
Technik nahezu uniforme Bildbereiche (Himmel, Straße) identifiziert und von der
weiteren Analyse ausgeschlossen werden.
- 30 Den gleichen Vorteil der Beschleunigung der Analyse bietet der zweite Verfahrens-
schritt dieser Ausgestaltung. Auch hier wird der Suchbereich stark eingeschränkt,
diesmal auf die Suche nach wenigen, ganz bestimmten, vorgegebenen Formen von

Objekten, im Extremfall eingeschränkt auf die Klasse der Verbotsszeichen und damit allein auf die Suche von runden Objekten.

Ein weiteres vorteilhaftes Ausgestaltungsmerkmal des genannten Verfahrens besteht
5 darin, daß

- aus einer Abfolge von Bildern,
 - die während der Vorbeibewegung des Fahrzeugs
 - an einem als Verkehrszeichen erkannten Objekt
 - aufgenommen werden,
- 10 jeweils das beste Bild ausgewählt wird,
 - wobei die Auswahl anhand definierter Qualitätskriterien durchgeführt wird,
 - vorzugsweise anhand von
 - Größe und/oder
 - Kontrast und/oder
 - 15 - Helligkeit
 - des als Verkehrszeichen erkannten Objektes,
- und nur die aus diesem bestem Bild generierte vereinfachte Darstellung
- des als Verkehrszeichen erkannten Objektes
 - in der Speichereinheit gespeichert wird
 - 20 - und auf der Anzeigeeinheit angezeigt wird.

Ein Vorteil einer derartigen Ausgestaltung besteht darin, daß so einerseits Speicherplatz
gespart wird und andererseits dem Fahrzeugführer anstatt dem schnellen Anzeige-
wechsel des gleichen Verkehrszeichens in unterschiedlicher Qualität ein gleichbleibend
25 gutes Bild des Verkehrszeichens angezeigt wird. Dadurch wird seine Aufmerksamkeit
nicht durch den Anzeigewechsel abgelenkt, sondern steht ungeteilt dem Verkehr und
dem tatsächlichen Aussagegehalt des Verkehrszeichens zur Verfügung.

Ein weiteres vorteilhaftes Ausgestaltungsmerkmal des genannten Verfahrens besteht darin, daß

die Bildbereiche, die zeichenspezifische Merkmalsdaten enthalten,
eines als Verkehrszeichen erkannten Objektes,
5 bevor sie auf der Anzeigeeinheit angezeigt werden,
für einen Fahrzeugführer aufbereitet werden,
hinsichtlich einer besseren Erkennbarkeit,
derart, daß sie

- größennormiert werden und/oder
- 10 - kontrastnormiert werden und/oder
- helligkeitsnormiert werden und/oder
- Farbtonnormiert werden.

Ein Vorteil einer derartigen Ausgestaltung besteht darin, daß so dem Fahrzeugführer die
15 Erkennung eines speziellen Verkehrszeichens erleichtert wird.

Ein weiteres vorteilhaftes Ausgestaltungsmerkmal des genannten Verfahrens besteht darin, daß

- 20 - zusätzlich die Position eines als Verkehrszeichen erkannten Objektes
mittels einer Positionsbestimmungseinheit bestimmt wird, und
- in der Speichereinheit zusätzlich zu der vereinfachten Darstellung
des als Verkehrszeichen erkannten Objektes
jeweils auch dessen Position gespeichert wird.

25 Mit diesem Ausgestaltungsmerkmal eignet sich das Verfahren besonders für die
Inspektion von Verkehrswegenetzen. Mittels dieser Ausgestaltung des Verfahrens
können in einem kompletten Verkehrswegenetz beispielsweise das Vorhandensein, die
Größe, der Zustand, die Sichtbarkeit vom Fahrweg, die Reflexionseigenschaften, die
30 Verschmutzung und andere für die Signalwirkung eines Verkehrszeichens wichtigen
Eigenschaften ermittelt und überprüft werden.

Im Folgenden werden anhand einer beispielhaften Ausführung die erfindungsgemäße Vorrichtung sowie das erfindungsgemäße Verfahren näher erläutert.

5 Gegeben sei der mittels eines Bildsensors erfaßbare Teil U' der Umgebung U eines Fahrzeuges am Ort x zum Zeitpunkt t . Dieser Teil U' der Umgebung U enthalte Objekte o , aus der Menge O aller Objekte, die mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit Verkehrszeichen sind.

10 Gegeben sei die Menge V aller Verkehrszeichen. V enthalte n Untermengen K_j , $j=1, \dots, n$, die jeweils eine Klasse von Verkehrszeichen bilden. Die Menge K_j der j -ten Klasse von Verkehrszeichen enthält m_j Elemente v_{ij} (Verkehrszeichen).

$$V := \{ v_{ij} ; j = 1, \dots, n ; i = 1, \dots, m_j \} \quad K_j := \{ v_{ij} ; i = 1, \dots, m_j \}$$

15

$$v_{ij} \in K_j \subset V \subset O$$

Die (hinsichtlich der Verkehrszeichenerkennung) optimale Wiedergabe eines Verkehrszeichens v_{ij} in Form einer optimalen Abbildung b_o aus der Menge B aller Bilder werde
20 dargestellt durch die Funktion b_o

$$b_o: U \rightarrow B \quad b_o := b_o(v_{ij})$$

Eine reale Abbildung b des Verkehrszeichens v_{ij} ist jedoch aufgrund von Umwelteinflüssen meist einem (orts- und zeitabhängigen) Rauschen unterworfen.
25

$$b := r(b_o)$$

Jede (optimale oder reale) Abbildung b eines Verkehrszeichens v_{ij} kann aufgeteilt
30 werden in einen oder mehrere Bildbereiche b_k , die klassenspezifische Merkmalsdaten m_k enthalten, und in einen oder mehrere Bildbereiche b_v , die zeichenspezifische Merkmalsdaten m_v enthalten. (Die korrekte Aufteilung wird einmalig für eine optimale

...

Abbildung \mathbf{b}_o ermittelt und danach für reale Abbildungen übernommen, da sie durch das Rauschen r nicht beeinflusst wird.)

$$\mathbf{b}_o = \mathbf{b}_{oK} \oplus \mathbf{b}_{oV}$$

$$\mathbf{b} = \mathbf{b}_K \oplus \mathbf{b}_V$$

5

Die Funktion ak_v beschreibe die Aufteilung der Abbildung \mathbf{b} eines Verkehrszeichens \mathbf{v}_{ij} in die Bildbereiche \mathbf{b}_K und \mathbf{b}_V . Die Funktion mk beschreibe die Extraktion der klassenspezifischen Merkmalsdaten \mathbf{m}_K aus den Bildbereichen \mathbf{b}_K .

$$\begin{aligned} 10 \quad \mathbf{m}_K &:= mk(ak_v(\mathbf{b}(\mathbf{v}_{ij}))) & \Leftrightarrow & \quad \mathbf{m}_K = mk(ak_v(r(\mathbf{b}_o(\mathbf{v}_{ij})))) \\ &= mk(\mathbf{b}_K(\mathbf{v}_{ij}) + \mathbf{b}_V(\mathbf{v}_{ij})) & & \quad = mk(r(ak_v(\mathbf{b}_o(\mathbf{v}_{ij})))) \\ &= mk(\mathbf{b}_K(\mathbf{v}_{ij})) & & \quad = mk(r(\mathbf{b}_{oK}(\mathbf{v}_{ij}))) \end{aligned}$$

Unter optimalen Aufnahmebedingungen tritt kein Rauschen auf, d.h.

15

$$r(\mathbf{b}_o) = id(\mathbf{b}_o) \quad \Rightarrow \quad \mathbf{b} = r(\mathbf{b}_o) = id(\mathbf{b}_o) = \mathbf{b}_o$$

Wird die Extraktion der klassenspezifischen Merkmalsdaten mk aus den Bildbereichen \mathbf{b}_{oK} einer optimalen Abbildung \mathbf{b}_o durchgeführt, so liefert sie den optimalen Satz \mathbf{m}_{oK_j} der klassenspezifischen Merkmalsdaten des Verkehrszeichens \mathbf{v}_{ij} .

20

$$\mathbf{m}_{oK_j} := mk(\mathbf{b}_{oK}(\mathbf{v}_{ij}))$$

(Der optimale Satz \mathbf{m}_{oK_j} der klassenspezifischen Merkmalsdaten eines Verkehrszeichens \mathbf{v}_{ij} ist für alle $\mathbf{v}_{ij} \in K_j$ identisch. Es gilt $mk(\mathbf{b}_{oK}(\mathbf{v}_{ij})) = \mathbf{m}_{oK_j} \forall \mathbf{v}_{ij} \in K_j$)

25

Für jede der n Klassen K_j von Verkehrszeichen \mathbf{v}_{ij} wird der optimale Satz der klassenspezifischen Merkmalsdaten \mathbf{m}_{oK_j} in der Speichereinheit 3 gespeichert. (Außerdem gespeichert wird für jede der n Klassen K_j eine vereinfachte Repräsentation \mathbf{b}'_{oK_j} der klassenspezifischen Merkmalsdaten \mathbf{m}_{oK_j} . Die vereinfachte Repräsentation \mathbf{b}'_{oK_j} entspricht den Bildbereichen \mathbf{b}_{oK_j} der optimalen Abbildung \mathbf{b}_o eines Verkehrszeichens

30

$v_{ij} \in K_j$, welche die klassenspezifische Merkmalsdaten m_{oK_j} enthalten, beide sind jedoch im allgemeinen nicht identisch.)

5 Ein von dem Bildsensor 1 aufgenommenes Abbild $b(v_{ij})$ eines Verkehrszeichens v_{ij} kann einer Klasse K_j von Verkehrszeichen eindeutig zugeordnet werden, wenn die Differenz zwischen den aus $b(v_{ij})$ ermittelten, realen, klassenspezifischen Merkmalsdaten m_k und den in der Speichereinheit 3 gespeicherten, optimalen, klassenspezifischen Merkmalsdaten m_{oK_j} kleiner als ein klassenspezifischer, vorgegebener Toleranzwert δ_j ist.

10 $\exists m_{oK_j} : |m_k - m_{oK_j}| < \delta_j \Rightarrow v_{ij} \in K_j$

Wurde das von dem Bildsensor 1 aufgenommene Abbild $b(v_{ij})$ des Verkehrszeichens v_{ij} der Klasse K_j von Verkehrszeichen eindeutig zugeordnet, so wird eine vereinfachte Darstellung $b'(v_{ij})$ erzeugt, in der Speichereinheit 3 gespeichert und auf der Anzeigeeinheit 4 angezeigt. Für die vereinfachte Darstellung $b'(v_{ij})$ werden aus dem Abbild $b(v_{ij})$ die Bildbereiche $b_k(v_{ij})$ entfernt und durch die vereinfachte Repräsentation b'_{oK_j} ersetzt.

$$b'(v_{ij}) := b(v_{ij}) \ominus b_k(v_{ij}) \oplus b'_{oK_j}.$$

20

Die erfindungsgemäße Vorrichtung und das erfindungsgemäße Verfahren erweisen sich in der Ausführungsform des vorstehend beschriebenen Beispiels als einfache, damit kostengünstige und somit besonders geeignete Erinnerungshilfe für Fahrzeugführer bei der Verkehrszeichenerkennung, insbesondere im Straßenverkehr. Besonders hohe Zuverlässigkeit wird erreicht bei einer Beschränkung auf wenige Klassen von Verkehrszeichen, beispielsweise der Beschränkung auf die Verbotsschilder und die Warnzeichen.

25

Die Erfindung ist nicht nur auf das zuvor geschilderte Ausführungsbeispiel beschränkt, sondern vielmehr auf weitere übertragbar.

30

Sinnvoll ist beispielsweise die Farbumkehr bei selbstleuchtenden Verkehrszeichen wie sie insbesondere auf Autobahnen immer häufiger eingesetzt werden. Dabei wäre z. B. der schwarze Hintergrund durch einen weißen Hintergrund zu ersetzen.

...

Außerdem ist es vorstellbar, bei der Überprüfung, ob ein als Verkehrszeichen vermutetes Objekt mit hinreichender Wahrscheinlichkeit einer bestimmten Klasse von Verkehrszeichen zugeordnet werden kann, anstatt mehrere klassenspezifischer Toleranzwerte δ_j nur einen einzigen einheitlichen Toleranzwert δ zu verwenden.

5

Genauso ist aber auch denkbar anstatt eines Vergleichs von Merkmalswerten unter Berücksichtigung von einem oder mehreren klassenspezifischen Toleranzwerten δ_j eine Klassifikation mittels neuronaler Netze und einer Toleranzfunktion δ zu verwenden, die direkt anhand des realen Abbildes des Verkehrszeichens eine Klassenzuordnung durch-

10

führt.

Ferner umfaßt die Erfindung auch eine feinere Unterteilung in Klassen und Unterklassen wie beispielsweise die Klasse der Verbotszeichen und deren Unterklasse der Geschwindigkeitsbeschränkungen.

15

Des weiteren ist in Verbindung mit einem Navigationssystem eine erweiterte Entscheidungslogik für die Anzeigedauer eines erkannten Verkehrszeichen auf der Anzeigeeinheit vorstellbar. So ist beispielsweise in der Bundesrepublik Deutschland eine Auffahrt - z.B. eine Autobahnauffahrt - gleichbedeutend mit einer impliziten Aufhebung von Ge- oder Verboten, beispielsweise Geschwindigkeitsbegrenzungen [3]. Eine derartige Autobahnauffahrt läßt sich aber mittels Navigationssystem und digitaler Straßenkarte einfacher ermitteln als mittels eines Bilderkennungsverfahrens. Insofern wäre es bei Anwendung eines Navigationssystems vorteilhaft, in die Entscheidungslogik bezüglich der Anzeigedauer eines erkannten Verkehrszeichen zusätzlich eine Verbindung zum

20

25

Navigationssystem aufzunehmen und abzufragen, ob derartige implizite Ge- oder Verbotsänderungen - beispielsweise durch eine Autobahnauffahrt - am jeweils aktuellen Aufenthaltsort des Fahrzeuges vorliegen. Gegebenenfalls wäre dann die Anzeigedauer des gerade angezeigten Verkehrszeichens zu beenden.

30

Literatur

[1] DE 36 19 824 C2

5 [2] Janssen et al., „Hybrid Approach for Traffic Sign Recognition“,
Proc. Intelligent Vehicle Symposium, Tokio, Japan, pp. 390-395, 1993

10 [3] „Hinweise für das Anbringen von Verkehrszeichen und Verkehrseinrichtungen“,
Verkehrstechnischer Kommentar, 10. Auflage, 1995, Kirschbaum Verlag
Abschnitt 4.2 „Wiederholung der Vorschriftzeichen, Zusatzschilder“

Daimler-Benz Aktiengesellschaft

Dr. Sr

D-70546 Stuttgart

Patentansprüche

Vorrichtung zur Verkehrszeichenerkennung mit

- a) einem digitalen Bildsensor
zur Aufnahme von Bildern, die potentiell Verkehrszeichen enthalten,
- 5 b) einer Informationsverarbeitungseinheit
zur Analyse der von dem Bildsensor gelieferten Bilder in Echtzeit,
- c) einer Speichereinheit,
- 10 d) einer Anzeigeeinheit,

bei der

- 15 e) die Informationsverarbeitungseinheit ermittelt,
ob ein Bild ein oder mehrere Objekte enthält,
welche mit hinreichender Wahrscheinlichkeit Verkehrszeichen sind,

dadurch gekennzeichnet, daß

...

- 5 f) die Speichereinheit einen vorgegebenen Klassifikator enthält,
- der schwankungstolerant generiert wird
 - aus einer repräsentativen Stichprobe von klassenspezifischen Merkmalsdaten,
 - die jeweils allen Elementen einer bestimmten Klasse von Verkehrszeichen gemeinsam sind,
 - die zur eindeutigen Identifizierung dieser Klasse ausreichen,
- 10 g) die Speichereinheit vereinfachte Repräsentationen dieser klassenspezifischen Merkmalsdaten enthält,
- 15 h) die Informationsverarbeitungseinheit aus den Bilddaten von einem als Verkehrszeichen erkannten Objekt reale Merkmalsdaten extrahiert,
- i) die Informationsverarbeitungseinheit die extrahierten realen Merkmalsdaten mittels des Klassifikators klassifiziert,
- 20 j) die Informationsverarbeitungseinheit anhand dieser Klassifikation eine Zuordnung des als Verkehrszeichen erkannten Objektes zu einer Klasse von Verkehrszeichen durchführt,
- 25 k) die Informationsverarbeitungseinheit die Bilddaten von dem als Verkehrszeichen erkannten Objekt in einer für die zugeordnete Klasse spezifischen Aufteilung separiert
- in einen oder mehrere Bildbereiche, die klassenspezifische Merkmalsdaten enthalten, und
 - in einen oder mehrere Bildbereiche, die zeichenspezifische Merkmalsdaten enthalten,
- 30

- 5 l) die Informationsverarbeitungseinheit die Bilddaten von dem als Verkehrszeichen erkannten Objekt auf eine vereinfachte Darstellung reduziert, indem sie
- die Bildbereiche löscht,
 - die klassenspezifische Merkmalsdaten enthalten,
 - und die gelöschten Bildbereiche ersetzt durch die vereinfachte Repräsentation der klassenspezifischen Merkmalsdaten der dem Verkehrszeichen zugeordneten Klasse,
- 10 m) die Speichereinheit die vereinfachte Darstellung des als Verkehrszeichen erkannten Objektes speichert,
- 15 n) die Anzeigeeinheit die vereinfachte Darstellung des als Verkehrszeichen erkannten Objektes anzeigt.
- 20 2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß
- 25 f') die Speichereinheit einen Klassifikator enthält, der vorgegebene, klassenspezifische Merkmalsdaten mit zu extrahierenden realen Merkmalsdaten vergleicht, unter Berücksichtigung eines oder mehrerer Toleranzwerte,
- 30 g') die Speichereinheit vereinfachte Repräsentationen dieser klassenspezifischen Merkmalsdaten enthält,
- h') die Informationsverarbeitungseinheit aus den Bilddaten von einem als Verkehrszeichen erkannten Objekt reale Merkmalsdaten extrahiert,

- i') die Informationsverarbeitungseinheit
die extrahierten realen Merkmalsdaten
mit den in der Speichereinheit vorgegebenen,
klassenspezifischen Merkmalsdaten vergleicht,
- 5
- j') die Informationsverarbeitungseinheit
anhand dieses Vergleichs eine Zuordnung
des als Verkehrszeichen erkannten Objektes
zu einer Klasse von Verkehrszeichen durchführt,
- 10
- k') die Informationsverarbeitungseinheit die Bilddaten
von dem als Verkehrszeichen erkannten Objekt
in einer für die zugeordnete Klasse spezifischen Aufteilung separiert
- in einen oder mehrere Bildbereiche,
die klassenspezifische Merkmalsdaten enthalten, und
 - in einen oder mehrere Bildbereiche,
die zeichenspezifische Merkmalsdaten enthalten,
- 15
- l') die Informationsverarbeitungseinheit die Bilddaten
von dem als Verkehrszeichen erkannten Objekt
auf eine vereinfachte Darstellung reduziert, indem sie
- die Bildbereiche löscht,
die klassenspezifische Merkmalsdaten enthalten,
 - und die gelöschten Bildbereiche ersetzt
durch die vereinfachte Repräsentation
der klassenspezifischen Merkmalsdaten
der dem Verkehrszeichen zugeordneten Klasse,
- 20
- 25
- m') die Speichereinheit die vereinfachte Darstellung
des als Verkehrszeichen erkannten Objektes speichert,
- 30
- n') die Anzeigeeinheit die vereinfachte Darstellung
des als Verkehrszeichen erkannten Objektes anzeigt.

3. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß

5 f'') die Speichereinheit für jede Klasse (K_j) von Verkehrszeichen (v_{ij})
einen Satz (m_{oK_j}) optimaler, klassenspezifischer Merkmalsdaten enthält,
- der jeweils für alle Elemente (v_{ij}) einer bestimmten Klasse (K_j) von
Verkehrszeichen gleich ist,
- der zur eindeutigen Identifizierung dieser Klasse (K_j) ausreicht,
- dem ein vorzugsweise klassenspezifischer Toleranzwert (δ_i)
10 zugeordnet ist,

g'') die Speichereinheit für jede Klasse (K_j) von Verkehrszeichen (v_{ij})
vereinfachte Repräsentationen (b'_{oK_j}) der optimalen, klassenspezifischen
Merkmalsdaten (m_{oK_j}) enthält,

15 h'') die Informationsverarbeitungseinheit aus der Abbildung (b)
von einem als Verkehrszeichen (v_{ij}) erkannten Objekt (o)
einen Satz realer Merkmalsdaten (m_K) extrahiert,

20 i'') die Informationsverarbeitungseinheit
den extrahierten Satz realer Merkmalsdaten (m_K)
nacheinander vergleicht mit jeweils einem Satz
von allen in der Speichereinheit gespeicherten Sätzen
optimaler, klassenspezifischer Merkmalsdaten (m_{oK_j}),

25 j'') die Informationsverarbeitungseinheit anhand dieses Vergleichs,
unter Berücksichtigung des gespeicherten Toleranzwertes (δ_i),
eine Zuordnung des als Verkehrszeichen (v_{ij}) erkannten Objektes (o)
zu einer Klasse (K_j) durchführt,

30

k'') die Informationsverarbeitungseinheit die Abbildung (**b**)
von dem als Verkehrszeichen (**v_{ij}**) erkannten Objekt (**o**)
in einer für die zugeordnete Klasse (**K_j**) spezifischen Art aufteilt

- in einen oder mehrere Bildbereiche (**b_k**),
die klassenspezifische Merkmalsdaten enthalten, und
- in einen oder mehrere Bildbereiche (**b_v**),
die zeichenspezifische Merkmalsdaten enthalten,

l'') die Informationsverarbeitungseinheit die Abbildung (**b**)
von dem als Verkehrszeichen (**v_{ij}**) erkannten Objekt (**o**)
auf eine vereinfachte Darstellung (**b'**) reduziert, indem sie

- die Bildbereiche (**b_k**) löscht,
die klassenspezifische Merkmalsdaten enthalten,
- und die gelöschten Bildbereiche (**b_k**) ersetzt
durch die vereinfachte Repräsentation (**b' ◦ K_j**)
der optimalen, klassenspezifischen Merkmalsdaten (**m ◦ K_j**)
der dem Verkehrszeichen (**v_{ij}**) zugeordneten Klasse (**K_j**),

m'') die Speichereinheit die vereinfachte Darstellung (**b'**)
des als Verkehrszeichen (**v_{ij}**) erkannten Objektes (**o**) speichert,

n'') die Anzeigeeinheit die vereinfachte Darstellung (**b'**)
des als Verkehrszeichen (**v_{ij}**) erkannten Objektes (**o**) anzeigt.

4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß

in der Speichereinheit ein Programm gespeichert ist

zur Anwendung einer Entscheidungslogik

mittels derer die Informationsverarbeitungseinheit

die Anzeigeeinheit derart steuert, daß sie

- die vereinfachte Darstellung eines als Verkehrszeichen erkannten Objektes
solange anzeigt,

bis ein neues Objekt als Verkehrszeichen erkannt wird,

vorzugsweise als Verkehrszeichen der gleichen oder

einer korrespondierenden Klasse erkannt wird,

und dessen vereinfachte Darstellung die vorherige ersetzt.

5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß

die Anzeigeeinheit zusätzlich eine Einstelleinheit enthält,

mittels welcher die maximale Anzeigedauer der vereinfachten

Darstellung eines als Verkehrszeichen erkannten Objektes eingestellt wird.

6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß

in der Speichereinheit ein Programm gespeichert ist,

zur Ermittlung der zurückgelegten Wegstrecke

zwischen der aktuellen Fahrzeugposition

und der Position des zuletzt erkannten Verkehrszeichens

einer bestimmten Verkehrszeichenklasse,

mittels dem die Informationsverarbeitungseinheit

die zurückgelegten Wegstrecke ermittelt,

- aus den Daten des Tachometers des Fahrzeuges,

welche vorzugsweise über einen Fahrzeugdatenbus

von dem Tachometer zu der Informationsverarbeitungseinheit

übermittelt werden,

- und den Daten eines Zeitgebers,
vorzugsweise eines internen Zeitgebers
der Informationsverarbeitungseinheit,

5 sowie in der Speichereinheit ein Programm gespeichert ist
zur Anwendung einer Entscheidungslogik
mittels derer die Informationsverarbeitungseinheit
die Anzeigeeinheit derart steuert, daß sie

- die vereinfachte Darstellung eines als Verkehrszeichen erkannten Objektes
10 solange anzeigt,
bis eine in der Speichereinheit vorgegebene Wegstrecke zurückgelegt ist,
welche vorzugsweise klassenspezifisch ist,
oder
bis ein neues Objekt als Verkehrszeichen erkannt wird,
15 vorzugsweise als Verkehrszeichen der gleichen oder
einer korrespondierenden Klasse erkannt wird,
und dessen vereinfachte Darstellung die vorherige ersetzt.

- 20 7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Anzeigeeinheit zusätzlich einen akustischen Signalgeber enthält,
welcher, sobald ein Objekt als Verkehrszeichen erkannt wurde,
ein vorzugsweise klassenspezifisches, akustisches Signal ausgibt.

25

8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß
der digitale Bildsensor eine oder mehrere, vorzugsweise monochrome,
30 Digitalkameras enthält, die derart angeordnet sind, daß ihr gemeinsames
Blickfeld ausreicht, um alle für den Fahrweg eines Fahrzeuges relevanten
Verkehrszeichen unabhängig von der horizontalen und/oder vertikalen
Krümmung des Fahrweges zu erfassen.

...

9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß

- sie zusätzlich eine Positionsbestimmungseinheit enthält, und
- die Speichereinheit zusätzlich zu der vereinfachten Darstellung
eines als Verkehrszeichen erkannten Objektes
jeweils auch dessen Position speichert.

10. Verfahren zur Verkehrszeichenerkennung bei dem

- a) mittels eines digitalen Bildsensors Bilder aufgenommen werden,
die potentiell Verkehrszeichen enthalten,
- b) mittels einer Informationsverarbeitungseinheit
die von dem Bildsensor gelieferten Bilder
in Echtzeit derart analysiert werden, daß
- c) die Informationsverarbeitungseinheit ermittelt,
ob ein Bild ein oder mehrere Objekte enthält,
welche mit hinreichender Wahrscheinlichkeit Verkehrszeichen sind,

dadurch gekennzeichnet, daß

- d) mittels der Informationsverarbeitungseinheit aus den Bilddaten
von einem als Verkehrszeichen erkannten Objekt
reale Merkmalsdaten extrahiert werden,
- e) mittels der Informationsverarbeitungseinheit
die extrahierten realen Merkmalsdaten klassifiziert werden
durch einen in einer Speichereinheit vorgegebenen Klassifikator
 - der schwankungstolerant generiert wird
 - aus einer repräsentativen Stichprobe von
klassenspezifischen Merkmalsdaten,
 - die jeweils allen Elementen einer bestimmten Klasse von
Verkehrszeichen gemeinsam sind,

- die zur eindeutigen Identifizierung dieser Klasse ausreichen,

f) mittels der Informationsverarbeitungseinheit

anhand dieser Klassifikation eine Zuordnung

5 des als Verkehrszeichen erkannten Objektes

zu einer Klasse von Verkehrszeichen durchgeführt wird,

g) mittels der Informationsverarbeitungseinheit die Bilddaten

von dem als Verkehrszeichen erkannten Objekt

10 in einer für die zugeordnete Klasse spezifischen Aufteilung separiert werden

- in einen oder mehrere Bildbereiche,
die klassenspezifische Merkmalsdaten enthalten, und
- in einen oder mehrere Bildbereiche,
die zeichenspezifische Merkmalsdaten enthalten,

15

h) mittels der Informationsverarbeitungseinheit die Bilddaten

von dem als Verkehrszeichen erkannten Objekt

auf eine vereinfachte Darstellung reduziert werden, indem sie

- die Bildbereiche löscht,
20 die klassenspezifische Merkmalsdaten enthalten,

20

- und die gelöschten Bildbereiche ersetzt
durch eine vereinfachte Repräsentation
der klassenspezifischen Merkmalsdaten
der dem Verkehrszeichen zugeordneten Klasse,

25

- wobei die vereinfachten Repräsentationen
der verschiedenen möglichen Klassen
in der Speichereinheit vorgegeben sind,

30 i) in der Speichereinheit die vereinfachte Darstellung

des als Verkehrszeichen erkannten Objektes gespeichert wird,

j) auf einer Anzeigeeinheit die vereinfachte Darstellung

des als Verkehrszeichen erkannten Objektes angezeigt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet, daß

- 5 d') mittels der Informationsverarbeitungseinheit aus den Bilddaten
von einem als Verkehrszeichen erkannten Objekt
reale Merkmalsdaten extrahiert werden,
- 10 e') mittels der Informationsverarbeitungseinheit
die extrahierten realen Merkmalsdaten klassifiziert werden,
indem sie die extrahierten realen Merkmalsdaten vergleicht
mit in einer Speichereinheit vorgegebenen, klassenspezifischen Merkmalsdaten
- die jeweils allen Elementen einer bestimmten Klasse von
Verkehrszeichen gemeinsam sind,
 - die zur eindeutigen Identifizierung dieser Klasse ausreichen,
- 15 unter Berücksichtigung eines oder mehrerer Toleranzwerte,
- f') mittels der Informationsverarbeitungseinheit
anhand dieses Vergleichs eine Zuordnung
des als Verkehrszeichen erkannten Objektes
- 20 zu einer Klasse von Verkehrszeichen durchgeführt wird,
- g') mittels der Informationsverarbeitungseinheit die Bilddaten
von dem als Verkehrszeichen erkannten Objekt
in einer für die zugeordnete Klasse spezifischen Aufteilung separiert werden
- in einen oder mehrere Bildbereiche,
die klassenspezifische Merkmalsdaten enthalten, und
 - in einen oder mehrere Bildbereiche,
die zeichenspezifische Merkmalsdaten enthalten,
- 25
- h') mittels der Informationsverarbeitungseinheit die Bilddaten
von dem als Verkehrszeichen erkannten Objekt
auf eine vereinfachte Darstellung reduziert werden,
indem sie
- 30

- 5
- die Bildbereiche löscht,
die klassenspezifische Merkmalsdaten enthalten,
 - und die gelöschten Bildbereiche ersetzt
durch eine vereinfachte Repräsentation
der klassenspezifischen Merkmalsdaten
der dem Verkehrszeichen zugeordneten Klasse,
 - wobei die vereinfachten Repräsentationen
der verschiedenen möglichen Klassen
in der Speichereinheit vorgegeben sind,

- 10
- i') in der Speichereinheit die vereinfachte Darstellung
des als Verkehrszeichen erkannten Objektes gespeichert wird,
- j') auf einer Anzeigeeinheit die vereinfachte Darstellung
des als Verkehrszeichen erkannten Objektes angezeigt wird.
- 15

12. Verfahren nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet, daß

- 20
- d'') mittels der Informationsverarbeitungseinheit aus der Abbildung (b)
von einem als Verkehrszeichen (vij) erkannten Objekt (o)
einen Satz realer, klassenspezifischer Merkmalsdaten (mk) extrahiert wird,

- 25
- e'') mittels der Informationsverarbeitungseinheit
der extrahierte Satz realer, klassenspezifischer Merkmalsdaten (mk)
nacheinander verglichen wird mit jeweils einem Satz
von allen in einer Speichereinheit gespeicherten Sätzen
optimaler, klassenspezifischer Merkmalsdaten (m_{okj}),

- 30
- der jeweils für alle Elemente (vij) einer bestimmten Klasse (Kj)
von Verkehrszeichen gleich ist,
 - der zur eindeutigen Identifizierung dieser Klasse (Kj) ausreicht,
 - dem ein vorzugsweise klassenspezifischer Toleranzwert (δ_j)
zugeordnet ist,

...

- 5 f'') mittels der Informationsverarbeitungseinheit anhand dieses Vergleichs,
unter Berücksichtigung des gespeicherten Toleranzwertes (δ_i),
eine Zuordnung des als Verkehrszeichen (v_{ij}) erkannten Objektes (o)
zu einer Klasse (K_j) durchgeführt wird,
- 10 g'') mittels der Informationsverarbeitungseinheit die Abbildung (b)
von dem als Verkehrszeichen (v_{ij}) erkannten Objekt (o)
in einer für die zugeordnete Klasse (K_j) spezifischen Art aufgeteilt wird
- in einen oder mehrere Bildbereiche (b_k),
die klassenspezifische Merkmalsdaten enthalten, und
 - in einen oder mehrere Bildbereiche (b_v),
die zeichenspezifische Merkmalsdaten enthalten,
- 15 h'') mittels der Informationsverarbeitungseinheit die Abbildung (b)
von dem als Verkehrszeichen (v_{ij}) erkannten Objekt (o)
auf eine vereinfachte Darstellung (b') reduziert wird, indem sie
- die Bildbereiche (b_k) löscht,
die klassenspezifische Merkmalsdaten enthalten,
 - 20 - und die gelöschten Bildbereiche (b_k) ersetzt
durch eine vereinfachte Repräsentation ($b' \circ_k$)
der optimalen, klassenspezifischen Merkmalsdaten ($m \circ_k$)
der dem Verkehrszeichen (v_{ij}) zugeordneten Klasse (K_j),
 - wobei die vereinfachten Repräsentationen ($b' \circ_k$)
25 der verschiedenen möglichen Klassen (K_j)
in der Speichereinheit vorgegeben sind,
- i'') in der Speichereinheit die vereinfachte Darstellung (b')
des als Verkehrszeichen (v_{ij}) erkannten Objektes (o) gespeichert wird,
- 30 j'') auf einer Anzeigeeinheit die vereinfachte Darstellung (b')
des als Verkehrszeichen (v_{ij}) erkannten Objektes (o) angezeigt wird.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 10 bis 12,
dadurch gekennzeichnet, daß

- der Verfahrensabschnitt,
in dem die Informationsverarbeitungseinheit ermittelt,
ob ein Bild ein oder mehrere Objekte enthält,
welche mit hinreichender Wahrscheinlichkeit Verkehrszeichen sind,
derart gestaltet ist, daß
- in einem ersten Verfahrensschritt Bildbereiche ermittelt werden,
vorzugsweise anhand von Farbwerten und/oder räumlichen Positionen,
welche mit überdurchschnittlicher Wahrscheinlichkeit Verkehrszeichen
enthalten,
- in einem zweiten Verfahrensschritt in diesen Bildbereichen
mittels geometrischer Analyse, vorzugsweise mittels Korrelationsverfahren,
Objekte ermittelt werden,
welche eine vorgegebene, vorzugsweise runde oder dreieckige, Form besitzen.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 10 bis 13,
dadurch gekennzeichnet, daß

- aus einer Abfolge von Bildern,
die während der Vorbeibewegung des Fahrzeugs
an einem als Verkehrszeichen erkannten Objekt
aufgenommen werden,
jeweils das beste Bild ausgewählt wird,
wobei die Auswahl anhand definierter Qualitätskriterien durchgeführt wird,
vorzugsweise anhand von
 - Größe und/oder
 - Kontrast und/oder
 - Helligkeitdes als Verkehrszeichen erkannten Objektes,
- und nur die aus diesem bestem Bild generierte vereinfachte Darstellung
des als Verkehrszeichen erkannten Objektes
 - in der Speichereinheit gespeichert wird
 - und auf der Anzeigeeinheit angezeigt wird.

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 10 bis 14,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Bildbereiche, die zeichenspezifische Merkmalsdaten enthalten,
eines als Verkehrszeichen erkannten Objektes,
bevor sie auf der Anzeigeeinheit angezeigt werden,
für einen Fahrzeugführer aufbereitet werden,
hinsichtlich einer besseren Erkennbarkeit,
derart, daß sie

- größennormiert werden und/oder
- kontrastnormiert werden und/oder
- helligkeitsnormiert werden und/oder
- Farbtonnormiert werden.

16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 10 bis 15,
dadurch gekennzeichnet, daß
- zusätzlich die Position eines als Verkehrszeichen erkannten Objektes
mittels einer Positionsbestimmungseinheit bestimmt wird, und
- in der Speichereinheit zusätzlich zu der vereinfachten Darstellung
des als Verkehrszeichen erkannten Objektes
jeweils auch dessen Position gespeichert wird.

17. Verwendung einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8
als Erinnerungshilfe für den Führer eines Fahrzeuges,
vorzugsweise für den Einsatz im Straßenverkehr.

5

18. Verwendung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 10 bis 15
für den Betrieb einer Erinnerungshilfe für den Führer eines Fahrzeuges,
vorzugsweise für den Einsatz im Straßenverkehr.

10

19. Verwendung einer Vorrichtung nach Anspruch 9
zur Inspektion von Verkehrswegen,
vorzugsweise für den Einsatz im Straßenverkehr.

15

20. Verwendung eines Verfahrens nach Anspruch 16
zur Inspektion von Verkehrswegen,
vorzugsweise für den Einsatz im Straßenverkehr.

20

Zusammenfassung der Erfindung

Vorrichtung und Verfahren zur Verkehrszeichenerkennung

Der Verkehr auf Straßen, Schienenwegen, Wasserstraßen und Rollfeldern wird durch Verkehrszeichen geregelt. Die durch ein Verkehrszeichen referenzierte Verkehrsregel hat häufig einen räumlichen Gültigkeitsbereich, der sich über Abschnitte des Fahrweges erstreckt, von denen aus der Fahrzeugführer das Verkehrszeichen nicht einsehen kann. Für den Fahrzeugführer ist demnach eine Erinnerungshilfe sehr vorteilhaft, die ihm auch Informationen über den Aussagegehalt von Verkehrszeichen liefert (zu welcher Regelbefolgung wird aufgefordert), an denen er bereits vor längerer Zeit vorbeigefahren ist.

Herkömmliche Vorrichtungen und Verfahren zur Verkehrszeichenerkennung versuchen, den Aussagegehalt eines Verkehrszeichens vollständig zu extrahieren. Der Nachteil einer solchen Zielsetzung besteht in der hohen Rückweisungsquote nicht erkannter Verkehrszeichen und in ihren hohen Kosten. Die tatsächliche Erkennung eines bestimmten Verkehrszeichens, d.h. die Extraktion seines vollständigen Aussagegehaltes, mit ausreichend hoher Wahrscheinlichkeit erfordert Bilder mit einer möglichst hohen Auflösung. Die Auswertung solcher Bilder in Echtzeit erfordert eine sehr hohe Rechenleistung. Derart leistungsstarke Bildsensoren und Informationsverarbeitungseinheiten sind teuer. Und selbst mit ihnen liegt die Rückweisungsquote gängiger Verkehrszeichenerkennungssysteme in der Größenordnung von einigen Prozenten. Diese Nachteile sollen minimiert werden.

Die Aufgabe wird gelöst, indem nur noch der notwendige und sinnvolle Anteil des Aussagegehaltes eines Verkehrszeichens extrahiert wird. Dies ist im wesentlichen die Klasse des Verkehrszeichen, beispielsweise die Klasse der Verbots- oder Warnzeichen. Ist dadurch ein Objekt erst einmal als ein Verkehrszeichen einer bestimmten Klasse erkannt worden, so kann die folgende Aufgabe der Erkennung des zeichenspezifischen Aussagegehaltes dem Fahrzeugführer überlassen werden, der dazu mit höherer Geschwindigkeit und Zuverlässigkeit als ein Erkennungssystem in der Lage ist. Hierzu wird ihm eine vereinfachte Repräsentation des Verkehrszeichens angezeigt, die vereinfachte Merkmale der erkannten Klasse aufweist und den realen von einem Bildsensor aufgenommenen Bildausschnitt, der die zeichenspezifischen Merkmale enthält.

...

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)